

SAE Régulateur de température

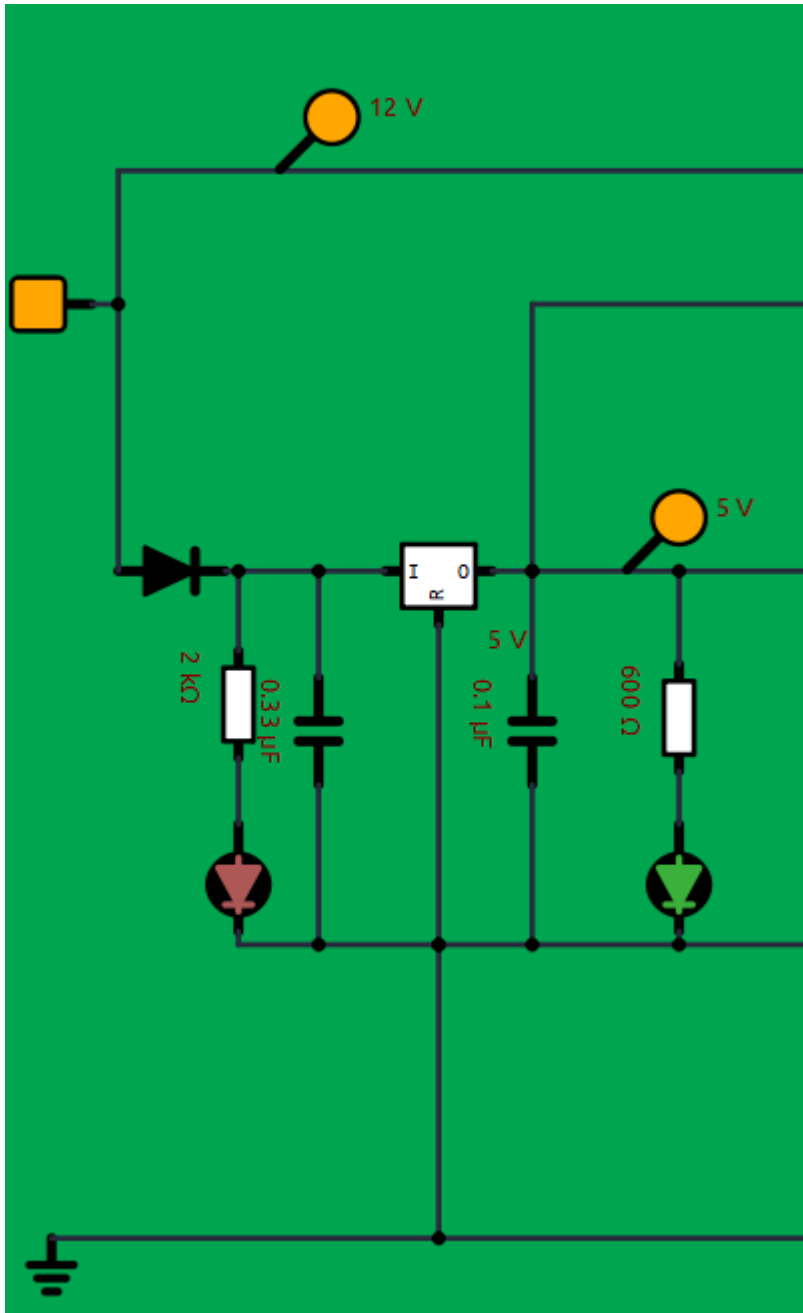
Table des matières

Analyse fonctionnelle :	2
Fonction 0 : FA -fonction alimentation.	2
Fonction 1 : F1 fonctions Capter température.	3
Fonction 2 : F2 fonction Amplifier	3
Fonction 3 : F3 fonction Comparer	3
Fonction 4 : F4 Afficher	4
Fonction 5 : F5 commander chauffe	5
Fonction 6 : F6 Chauffe	6
Fonction 7 : F7 clignotement	7
Simulation :	7
Montage des cartes :	8
F5 : Fonction commande de la chauffe	8
F6 : Fonction chauffer	9
F6 : Fonction Clignoter	9
Vérification :	10
F0 : Fonction Alimenter	10
F1 : Fonction Capter la température	10
F2 : Fonction Amplifier	11
F3 : Fonction Comparer	11
F4 : Fonction Afficher	11
F5 : Fonction Commander la chauffe	11
F6 : Fonction Chauffer	11
F7 : Fonction Clignoter	12
Final :	12
Résultat :	12

Analyse fonctionnelle :

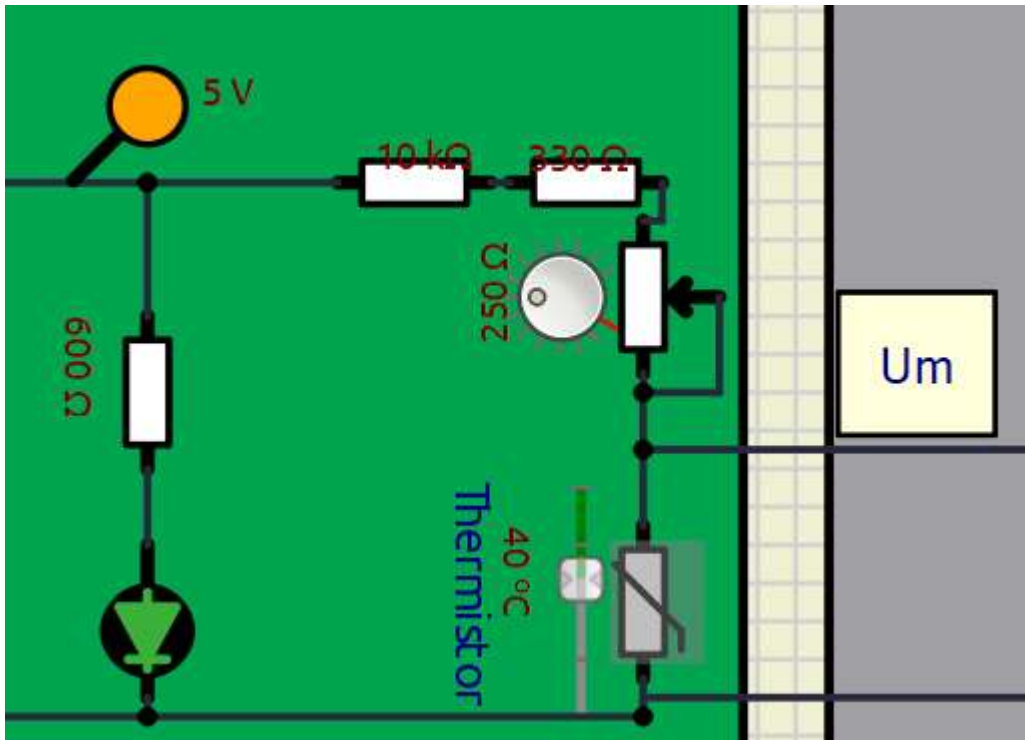
Fonction 0 : FA -fonction alimentation.

12 volts DC en entrée et 2 sorties une de 5 volts une autre de 12V. Utilisation Du T0220 pour obtenir les 2 tensions (celle de 12 volts et générer celle de 5 volts. Utilisation d'une diode pour ne pas se prendre de retour de tension. Utilisation également 2 de LED une rouge et une verte pour et s'assurer que le circuit fonctionne. Ces 2 LED sont reliées chacune avec une résistance pour obtenir en courant de maximum de 5 milliampères.



Fonction 1 : F1 fonctions Capter température.

Ce bloc est alimenté en 5V par la fonction FA. Utilisation d'une CTN (résistance qui varie en fonction de la température) Cette résistance est mise en série avec une autre résistance. Utilisation de la formule du pont diviseur de tension pour connaître la valeur de cette CTN et ainsi en déduire la température. Cette Première fonction sort également le Signal **Um**

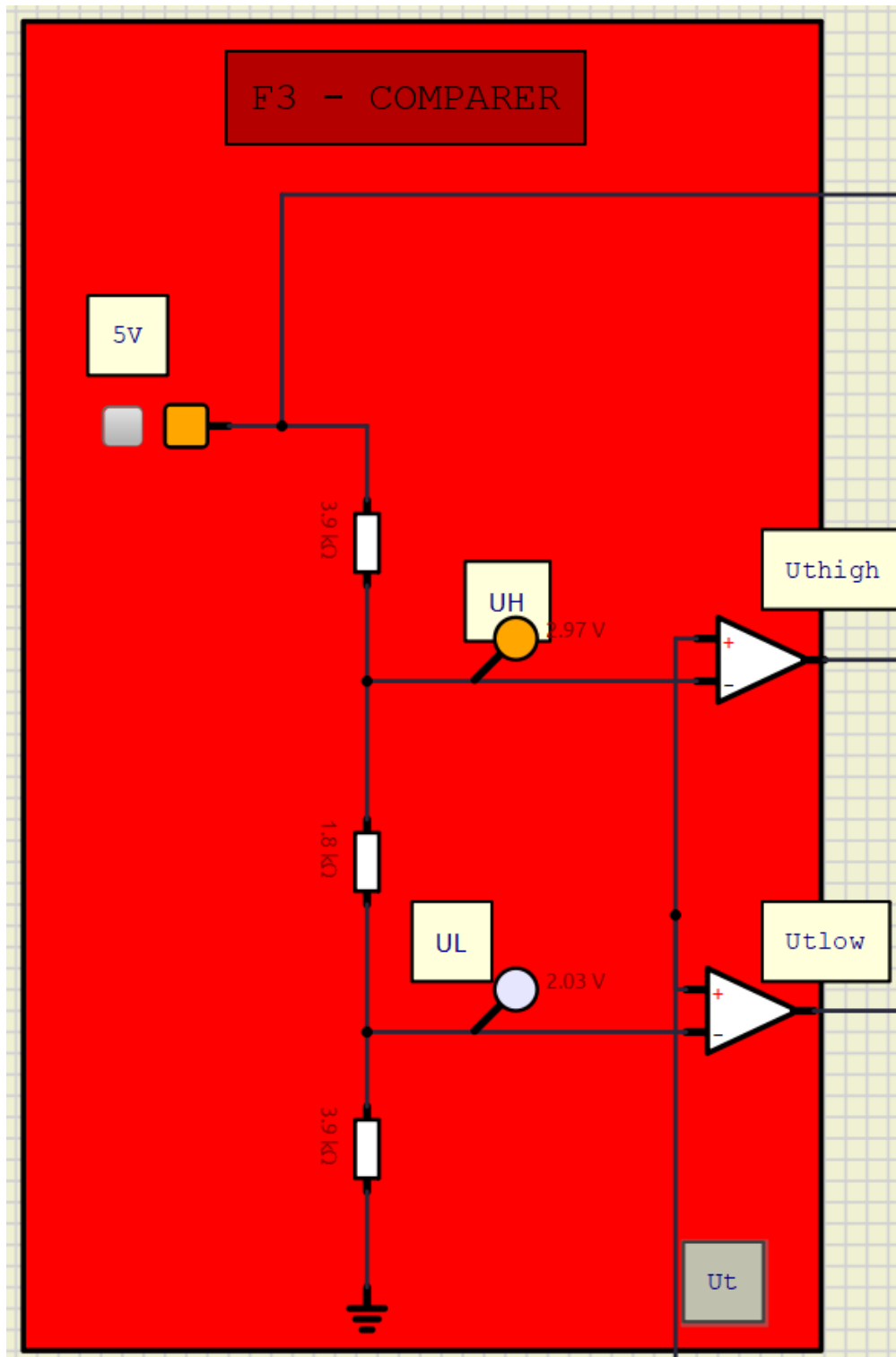


Fonction 2 : F2 fonction Amplifier

Ce bloc a pour entrer la sortie de F1 (**Um**). Utilisation d'un AOP pour amplifier le signal capter, ce qui permet au système de mieux réagir et ainsi d'obtenir des ajustements plus précis sur notre plage de température. Ayant pour sortie le Signal **Ut**).

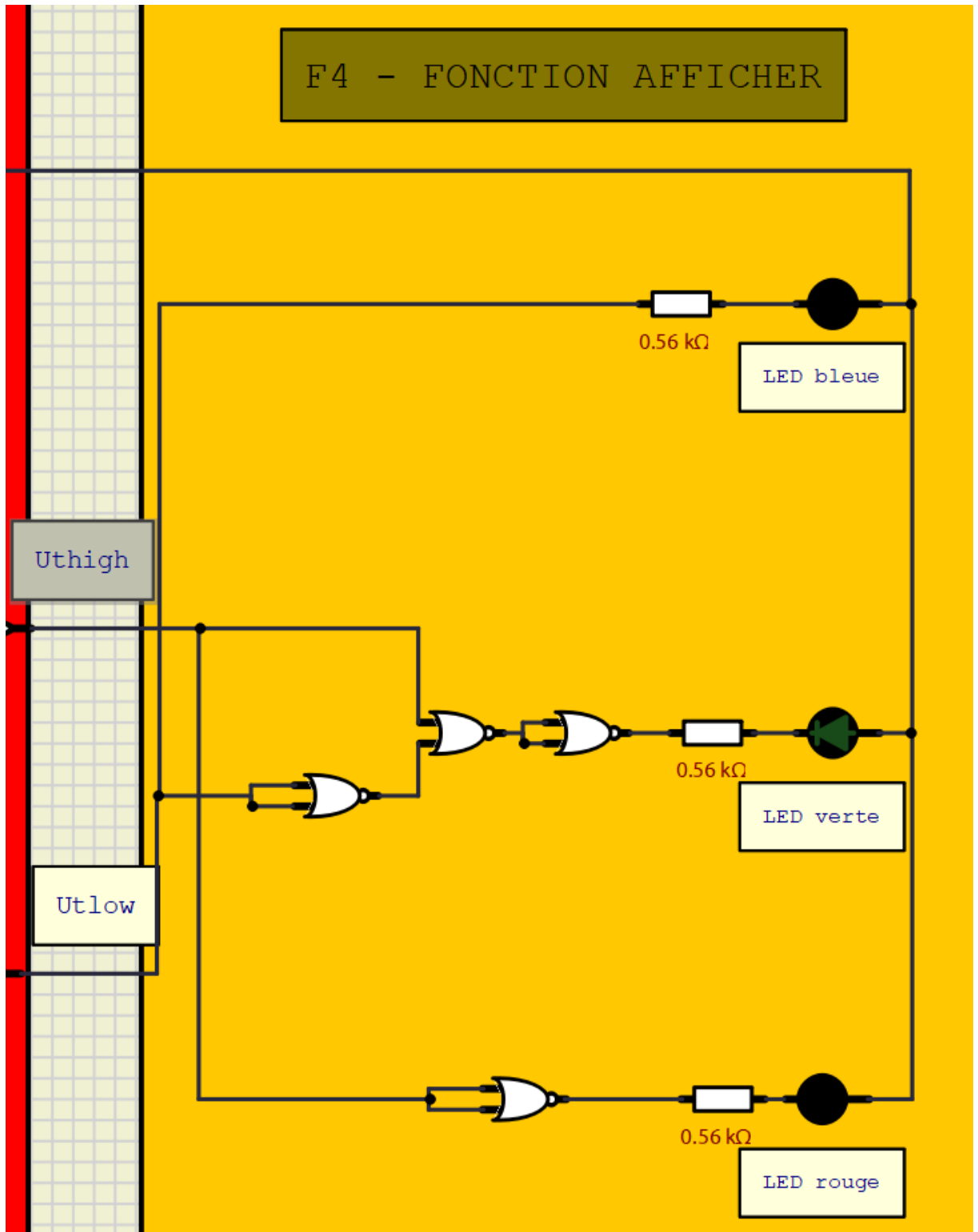
Fonction 3 : F3 fonction Comparer

Utilisation du signal **Ut** comme entrée pour F 3. On utilise un AOP en fonctionnement comparateur ce qui nous permet donc d'analyser la différence entre la température mesurée et la température souhaitée. Cette fonction génère un signal de commande pour pouvoir contrôler la fonction d'affichage (ici deux signaux sont générés **Uthigh** et **Utlow**). 3 résistances mis en série (Une de 3.9kΩ, puis une de 1.8kΩ puis une de 3.9kΩ).



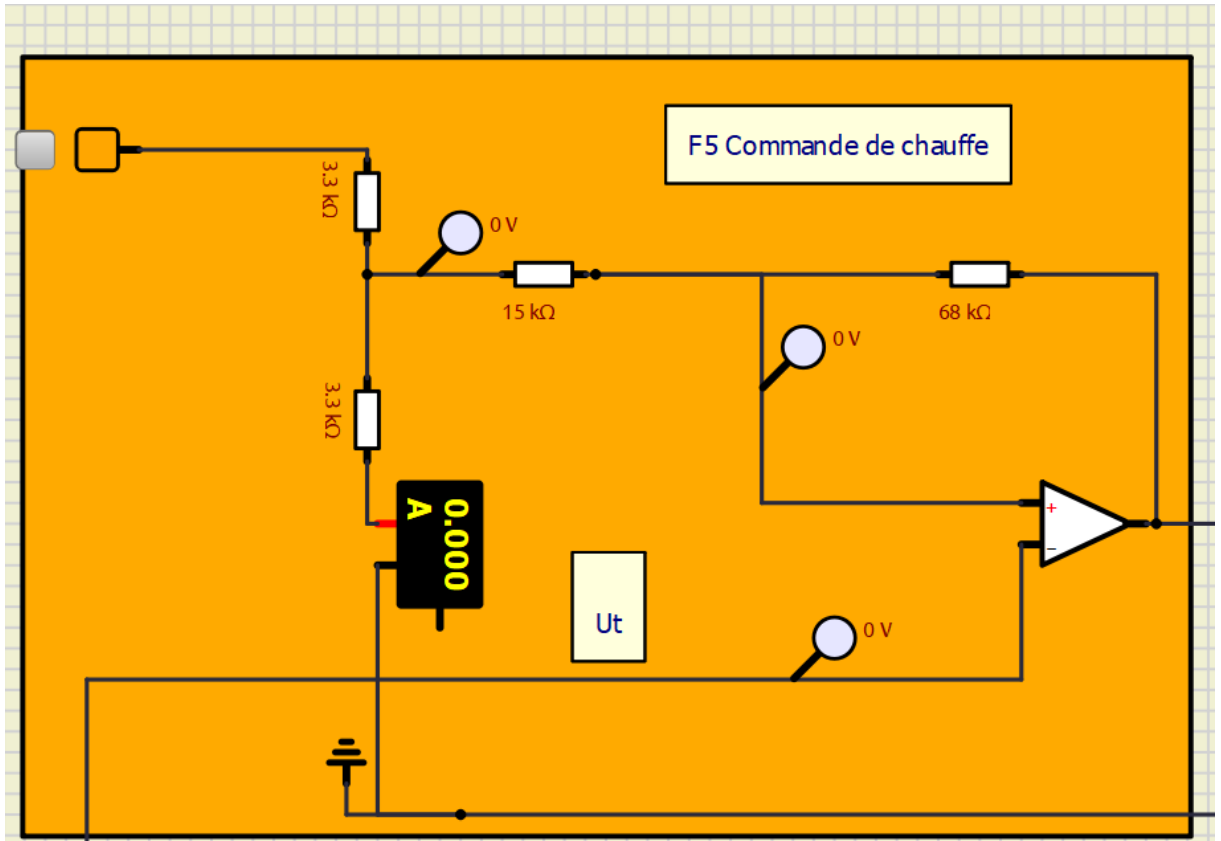
Fonction 4 : F4 Afficher

Utilisation des signaux générés par F3 (**Uthigh** et **Utlow**) pour afficher dans quelle position est notre régulateur de température. S'il fait trop froid, alors la LED bleue s'allume, sinon si nous sommes dans l'écart de température souhaité, alors les LED vertes s'allument, S'il fait trop chaud, ce sera la LED rouge qui s'allume. Les LED sont reliées en Cathode Commune). Nous avons réalisé ce fonctionnement grâce à 4 Portes **NOR**.



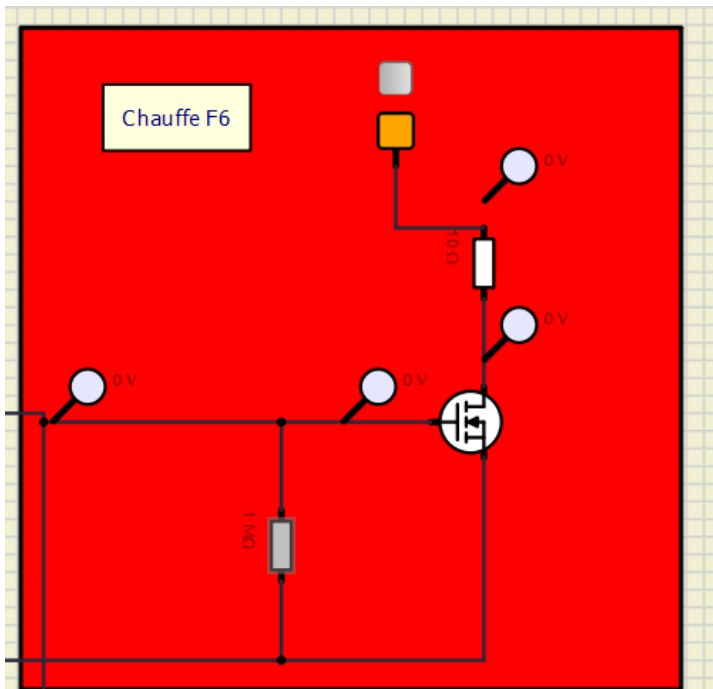
Fonction 5 : F5 commander chauffe

Utilisation du signal de sortie De F3 (**Ut**) comme entrée. Utilisation d'un AOP en fonctionnement hystérésis inverseur pour obtenir un signal binaire (**Uchauffe**). La borne moins de l'AOP à le signal Ut. La borne plus de l'AOP à les tensions seuil indiqué par le cahier des charges (**Ulow**=2.04V et **Uhigh**=2.96V). Le signal **Uchauffe** étant binaire est soit à 5 V, soit 0V.



Fonction 6 : F6 Chauffe

C'est ici qu'a lieu la chauffe. Lorsque le signal **Uchauffe** est à 5V, le transistor MOSFET laisse circuler le courant dans le circuit. Ce qui a pour conséquence de faire chauffer la résistance de puissance (de 10 Ω) Alimenté par le 12V. Si le signal **Uchauffe** est à 0 Volt le transistor MOSFET est en position ouverte, le courant ne passe pas et la résistance de puissance ne chauffe pas.

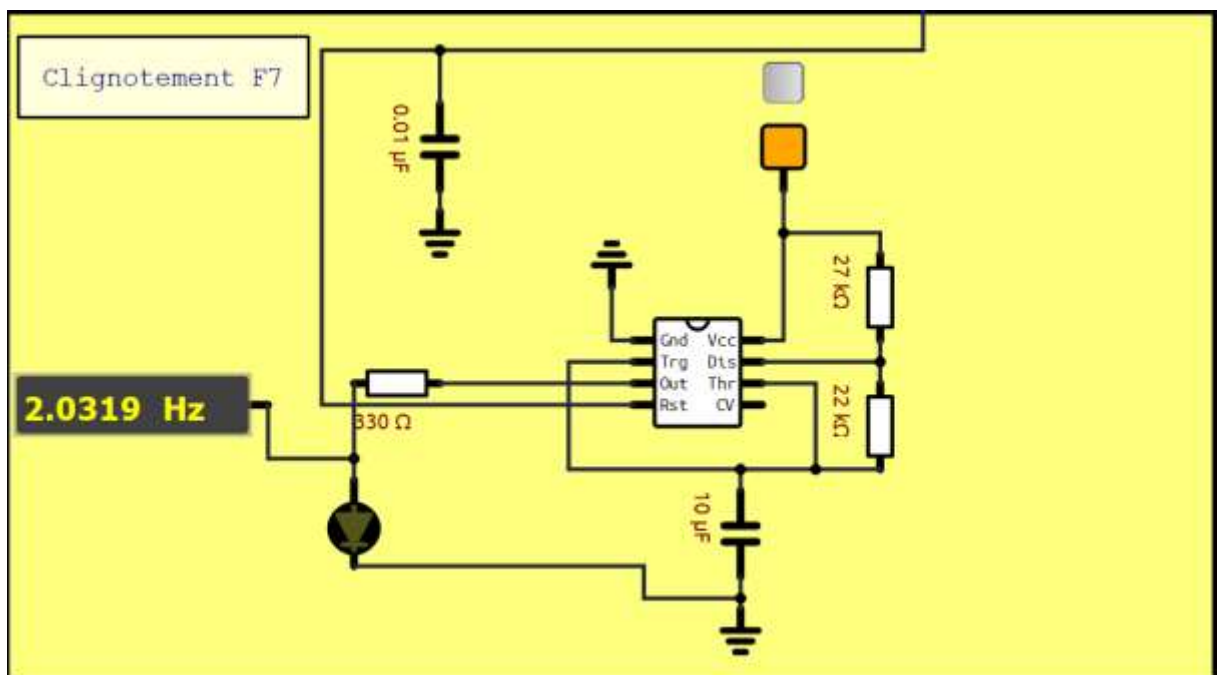


Fonction 7 : F7 clignotement

Cette fonction nous dit par une LED qui clignote si le circuit de chauffe est en marche. Cela est rendu possible grâce à la puce NE555 fonctionnant comme un oscillateur. Nous avons comme contrainte d'avoir un rapport cyclique de 0.7 ainsi qu'une fréquence de 2Hz. De plus sur la datasheet du constructeur, nous avons des Formules pour trouver la valeur de ces 2 résistances :

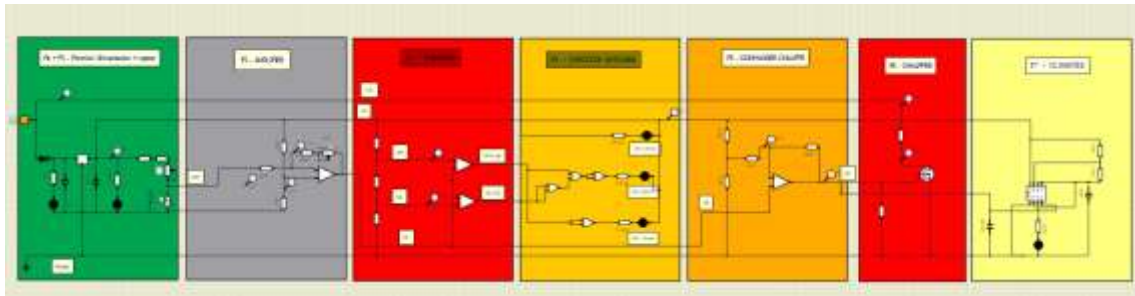
$$R_a = \frac{1.44(2\alpha-1)}{fC} \text{ Et } R_b = \frac{1.44(1-\alpha)}{fC}$$

En prenant comme valeur pour le condensateur $C=10\mu\text{F}$ et en Utilisant des résistances de la série E12, nous obtenons $R_a \approx 27\text{k}\Omega$ et $R_b \approx 22\text{k}\Omega$



Simulation :

Avant d'entamer la fabrication, nous avons simulé l'ensemble de notre circuit sur le logiciel SimulIDE afin de valider la viabilité de nos schémas théoriques. Cette étape nous a permis de confirmer avec précision les seuils de basculement du comparateur (**2,04V** et **2,96V**) ainsi que le bon fonctionnement de l'oscillateur réglé à **2Hz** avec un rapport cyclique de **0,7**. Grâce à cet outil, nous avons pu sécuriser la logique d'affichage et de commande avant toute implantation physique sur plaque pastillée. Voici le résultat :

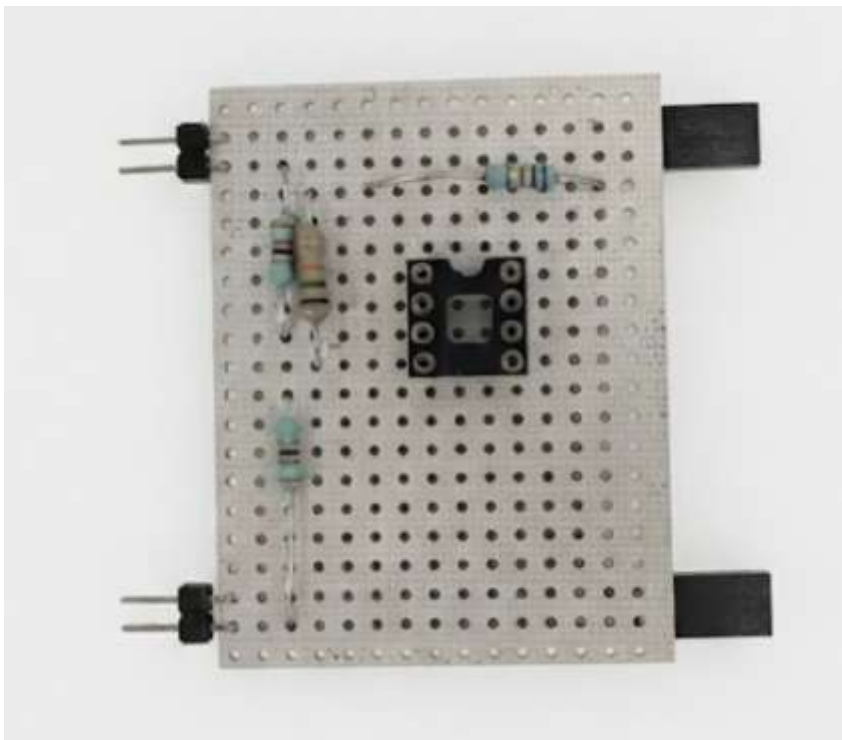


Montage des cartes :

Une fois la simulation de nos fonctions validées par nos professeurs, nous avons entamé la phase de réalisation matérielle de notre régulateur de température en utilisant des plaques pastillées comme support de montage. Nous avons commencé par l'implantation méthodique des composants, tels que le régulateur TO-220, les amplificateurs opérationnels, le circuit NE555 et le transistor MOSFET, en veillant à optimiser l'agencement de chaque bloc fonctionnel. La réalisation des pistes à l'étain et le câblage des connecteurs ont été effectués en suivant scrupuleusement les schémas validés au préalable sur le logiciel SimulIDE.

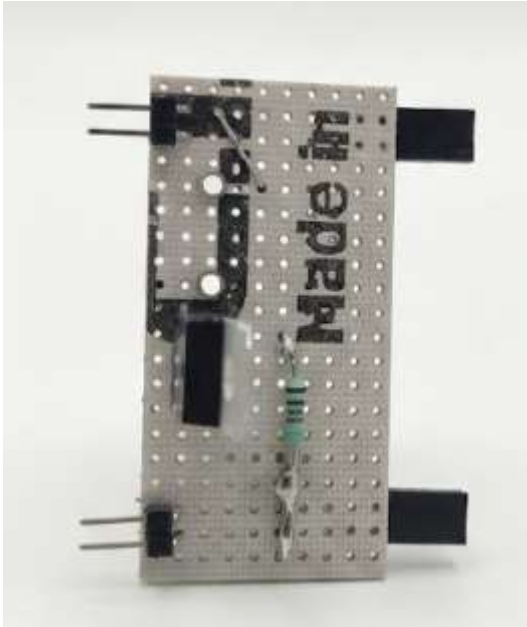
F5 : Fonction commande de la chauffe

Circuit de commande de la chauffe, avec l'emplacement de l'AOP (le **MC33201**) et les résistances qui lui sont associés (2 de **3,3k Ω** , une de **15k Ω** et une de **68k Ω**).



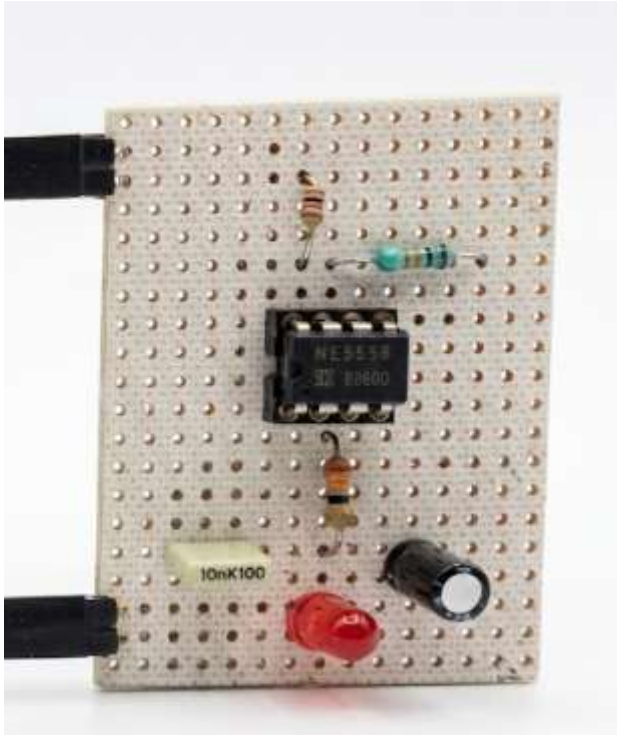
F6 : Fonction chauffer

Circuit de chauffe, constitué du **MOSFET TO-220**, avec le Gate reliée sur le signal **Uchauffe**, la Source relié au GND et le Drain relié a l'une des 2 douilles sur laquelle nous viendrons y brancher plus tard la résistance chauffante. Ainsi que la résistance de **1M Ω** permettant de forcer la tension de le Gate à 0V en l'absence de signal.



F6 : Fonction Clignoter

A l'aide d'un NE555 en fonctionnement Astable, le NE555 se comporte comme un oscillateur, ce qui nous permet de faire clignoter la diode qui lui ait associé. A l'aide de nos résistances et de nos condensateurs trouver lors de la simulation, nous avons pu obtenir le rapport cyclique (0.6) ainsi que la fréquence de clignotement (**2Hz**).



Vérification :

F0 : Fonction Alimenter

Pour valider le bloc d'alimentation, nous réglons l'alimentation de laboratoire sur 12V en limitant le courant à 100 mA. Nous injectons cette tension à l'entrée du régulateur TO-220 pour générer les rails de 12V et 5V nécessaires au reste du circuit¹. Nous vérifions ensuite l'allumage des LED rouge et verte, témoins du bon fonctionnement du circuit, tout en mesurant au multimètre la précision des tensions de sortie sur les broches dédiées.

F1 : Fonction Capter la température

Nous débutons la vérification de ce bloc en alimentant la carte en 12V et en vérifiant que la tension U_m reste à 5V lorsque le potentiomètre est tourné en butée. Nous raccordons ensuite une boîte à décade à la place de la thermistance CTN pour simuler la résistance de consigne et nous ajustons le potentiomètre jusqu'à obtenir $U_m = 2,5V$. Enfin, nous simulons les valeurs de résistance correspondant aux températures **Tlow** et **Thigh** pour relever les tensions **Umlow** et **Umhigh** et confirmer leur conformité avec nos calculs théoriques.

F2 : Fonction Amplifier

Avant l'insertion du circuit intégré TL081, nous contrôlons la présence du 5V sur la borne 7, du 0V sur la borne 1 et de la référence de 2,5V sur la borne 3 du support. Une fois le composant mis en place, nous appliquons les tensions **Umlow** et **Umhigh** pour régler précisément le gain du montage afin d'obtenir le signal **Ut** souhaité. Pour valider le comportement dynamique, nous injectons un signal triangulaire de 1kHz en entrée et visualisons la caractéristique de transfert **Ut = f(Um)** à l'oscilloscope en mode XY.

F3 : Fonction Comparer

Nous vérifions d'abord la continuité du câblage entre l'entrée **Ut** et les bornes 3 et 5 du support du circuit intégré LMC662. Nous mesurons ensuite les tensions de référence **UH** et **UL** générées par le pont diviseur composé de trois résistances (3,3k Ω , 1,8k Ω et 3,3k Ω). Pour finir, nous testons les sorties logiques **Uthigh** et **Utlow** en appliquant différentes tensions **Ut** (1V, 2,5V et 4V) et nous utilisons un signal triangulaire pour identifier les seuils exacts de basculement à l'oscilloscope.

F4 : Fonction Afficher

Pour tester l'affichage, nous suivons la procédure de logique combinatoire basée sur les quatre portes NOR. Nous simulons les états des signaux **Uthigh** et **Utlow** pour vérifier le pilotage des LED montées en cathode commune. Nous validons que la LED bleue s'allume en cas de froid, les LED vertes dans la plage de température souhaitée, et la LED rouge en cas de surchauffe.

F5 : Fonction Commander la chauffe

Nous vérifions les tensions d'alimentation et la référence de 2,5V sur le support avant d'insérer le comparateur MC33201. Nous appliquons un signal triangulaire sur l'entrée **Ut** afin d'observer les seuils de basculement du montage à hystérésis inverseur. Nous mesurons alors les tensions de seuil réelles, qui doivent être proches de 2,04V (**Utlow**) et 2,96V (**Uthigh**), pour valider la génération du signal binaire **Uchauffe**.

F6 : Fonction Chauffer

Nous testons d'abord la commutation du transistor MOSFET en utilisant un simulateur de charge composé d'une LED et d'une résistance. En appliquant **5V** sur l'entrée **Uc**, nous vérifions que la charge est alimentée sous **12V**. Nous remplaçons ensuite le simulateur par la résistance de puissance réelle de **10 Ω** pour confirmer brièvement la consommation de courant et l'effet thermique avant de couper la commande pour protéger le composant.

F7 : Fonction Clignoter

Nous contrôlons la présence du 5V sur la borne 8 du support du NE555 avant d'insérer la puce. Nous activons ensuite l'entrée **Uc** (Uchauffe) pour déclencher l'oscillateur et vérifier visuellement le clignotement de la LED. Enfin, nous mesurons à l'oscilloscope les caractéristiques du signal de sortie pour s'assurer qu'il respecte une fréquence de 2Hz et un rapport cyclique de 0,7 conformément au cahier des charges.

Final :

Résultat :

Une fois que les différentes fonctions ont été réalisées et vérifiées, nous les avons assemblées pour obtenir le résultat suivant :

